Aus dem Hygienischen Institut der Westfälischen
Wilhelms-Universität zu Münster in Westfalen
Direktor Prof. Dr. K. W. Jötten

Ueber Lebensfähigkeit und Abtötung von Keimen in huminsäurehaltigen Trinkwässern

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der ärztlichen Doktorwürde vorgelegt einer Hohen Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster in Westfalen

von

Gerd Wever, approb. Arzt
aus Schwelm in Westfalen

1935

Druck: Heinrich Buschmann, Münster i. W., Drubbel 17-18

Dekan Prof. Dr. Klinge
Referent: Prof. Dr. Fr. Sartorius
Korreferent: Prof. Dr. K. W. Jötten

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (Westf.)

Während diejenigen Beimengungen eines Wassers, welche etwa menschlichen oder tierischen Abgangsstoffen entstammen, uns stets zu einer hygienischen Beanstandung veranlassen, kennen wir andererseits Stoffe, die als Beimengungen zwar unerwünscht, aber doch in gewissen Grenzen so belanglos erscheinen, daß sie an sich den Gebrauch des Wassers nicht einzuschränken brauchen. Man muß hier vor allem an die Huminsäuren denken, die in Torf- und Moorgegenden, hauptsächlich in Westfalen, Hannover, Ost- und Westpreußen in vielen Wässern vorkommen und dort deren bräunliche Farbe und den torfigen Geruch bedingen. Es spielt hier im Gegensatz zu den oben angeführten Verunreinigungen, bei denen die Keime primär mit ins Wasser gelangen können, höchstens eine sekundäre Keimverschmutzung eine Rolle, weil man sich fragen muß, welches Schicksal die in huminstoffhaltiges Wasser zufällig hineingelangten Keime erleiden. Diese Frage ist auch deshalb von Bedeutung, weil oft große Gebiete, die auf solches Wasser angewiesen sind, zum Teil relativ schlechte Brunnenanlagen besitzen, die Verunreinigungen mit Keimen der verschiedensten Herkunft leicht ausgesetzt sind.

Es ist bekannt, daß pathogene Bakterien, denn solche beanspruchen natürlich in erster Linie besonderes Interesse, in reinem Wasser in einigen Stunden bis höchstens ein paar Tagen zugrunde gehen. Es fragt sich nun, verhalten sich die Bakterien in Wasser, das Huminsäure enthält, ebenso, oder werden ihre Lebensbedingungen günstiger bezw. ungünstiger als in reinem Wasser?

Bevor an die Schilderung und Auswertung der Versuche, die in dieser Richtung angestellt wurden, herangegangen werden soll, soll kurz erläutert werden, was man sich unter Huminsäuren vorzustellen hat. Der Name ist ein Sammelbegriff für Humusstoffe, jene amorphen, dunklen Stoffe im Torf- und Ackerboden, die durch Zersetzung organischer Substanz entstanden sind. Von den Humusstoffen sind hier von besonderem Interesse die, die bei Berührung mit Wasser in Lösung gehen und dem Wasser dabei ihre gelbliche oder bräunliche Farbe verleihen. Für diese Gruppe hat O d é n den Namen Fulvosäuren vorgeschlagen; diese stellen also eine wasserlösliche Unterart innerhalb der Gruppe der Huminsäuren dar. Unter den nicht

oder nur schwer wasserlöslichen Arten unterscheidet man noch die Hymatomelansäure und die Humussäure; alle drei Säuren sind in Laugen leicht löslich und machen zusammen die Huminsäuren aus.

Für die angestellten Versuche wurde sowohl das in Alkali gelöste Gemisch der drei Säuren, als auch die wasserlösliche Form und ferner wässrige Torfauszüge benutzt. Die Herstellung der Huminsäure geschah nach der Vorschrift von Odén: Es wurden 0,8 gr. des Merck'schen Präparates „Acidum huminicum" in 10 ccm n/5 Natronlauge gelöst und nach 24stündiger Einwirkung mit Wasser auf 200 ccm aufgefüllt. Den in Wasser löslichen Anteil des oben genannten Präparates erhielt man so, daß man davon 0,8 gr. mit 200 ccm Wasser eine Viertelstunde auf 80° erhitzte, dann 24 Stunden stehen ließ und filtrierte; der Filterrückstand wurde zurückgewogen und betrug 0,558 gr. Es hatten sich also 0,242 gr. oder ungefähr 30 % in Wasser gelöst. Die Torfauszüge wurden wie folgt hergestellt: 40 gr. Stalltorf wurden mit 2 l Leitungswasser 24 Stunden ausgezogen, wozu in einigen Fällen 5 bezw. 10 bezw. 20 ccm n/5 Natronlauge zugesetzt wurde; ein anderes Mal wurde Torf und Wasser auf 50° erwärmt und dann 24 Stunden im Brutschrank bei 37° stehen gelassen. Alle Auszüge wurden durch sterile Berkefeld-Filterkerzen filtriert.

Auffallenderweise findet man in der einschlägigen Literatur bisher nichts über das Thema: Huminsaure Wässer und Kleinlebewesen. In dem ausführlichen und erschöpfenden Schriftennachweis, den Odén in seinem Buche: „Die Huminsäuren" gibt, und das fast 400 Beiträge aufzählt, findet man nichts aufgeführt, was auf eine Bearbeitung des obigen Themas schließen ließe. Es ist daher unbedingt notwendig, diese Lücke auszufüllen, da der Untersuchung, wie schon eingangs erwähnt, auch weitgehende praktische Bedeutung zukommt.

Die folgenden Untersuchungen beschäftigen sich nun zunächst mit der Frage, wie sich einige bekannte pathogene Bakterien in huminsäurehaltigem Wasser verhalten. Die Versuchsanordnung dabei war im allgemeinen folgende: Es wurde von einer Coli-, Ruhr-, Pseudo-Ruhr- oder Typhuskultur 1 Oese jeweils in 5 ccm 0,85 % Na Cl-Lösung aufgeschwemmt und davon 0,5 ccm in 2 l Wasser gegeben, welchem Huminsäure in steigender Menge zugesetzt war. Die Versuche wurden in sterilen braunen 2-Literflaschen bei Zimmertemperatur angesetzt. Das benutzte Wasser war meist Leitungswasser, von einer Wasserstoffionenkonzentration von 7,90 p_H, in einigen Fällen durch Filterkerzen sterilisiertes bezw. 10 Minuten gekochtes Flußwasser von 7,96 p_H. Aus den Flaschen wurde sofort, nach 5, 8 und 24 Stunden 0,1 ccm mit sterilen Pipetten entnommen und

dann mit Agar Agar in sterile Petri-Schalen gegossen und 24 Stunden im Brutschrank bei 37° belassen. Dann wurden die gewachsenen Keime mittels der Zählplatte nach Wolffhügel ausgezählt. Die mit sterilen Wattestopfen versehenen Flaschen wurden zwischen den einzelnen Entnahmen im Dunkel aufbewahrt.

Bei dem mit Colibazillen angesetzten Versuch ergab sich folgendes Resultat:

	o	a	b	c
1	11408	7376	4576	3712
2	7138	2160	3408	6192
3	8262	8583	2864	5804

1 = 2 Liter Leitungswasser + Colikeime
2 = 2 „ „ + „ + 2,5 ccm Huminsäure
3 = 2 „ „ + „ + 5 ccm „

o = Entnahme sofort
a = „ nach 5 Stunden
b = „ „ 8 „
c = „ „ 24 „

Man sieht zunächst die bekannte Tatsache verwirklicht, daß die in reines gewöhnliches Wasser hineingebrachten Keime nach einiger Zeit an Menge abnehmen. So ist im obigen Versuch die Keimzahl nach 24 Stunden auf ungefähr ⅓ der anfänglichen Menge zusammengeschrumpft. Bei den Flaschen, denen außer den Keimen auch Huminsäure zugesetzt war, sieht man in Flasche 2 zunächst ein Absinken, dann in weiterem Verlauf des Versuches wieder ein Ansteigen der Menge der Colibazillen. In Flasche 3 tritt erst bei der 3. Entnahme nach 8 Stunden die Verringerung der Keimzahl zutage, während bei den Proben o und a die Keimzahl fast konstant bleibt. In den beiden Fällen hat die Anzahl der Bakterien in den huminsäurehaltigen Flaschen 2 und 3 bei der letzten Zählung (nach 24stündiger Einwirkung) wieder zugenommen. Es ist demnach deutlich, daß die Colikeime in den huminsäurehaltigen Flaschen nicht die bekannte Abnahme erfahren haben wie in reinem Wasser.

Zur Sicherung des eben gewonnenen Resultates wurde der Versuch unter den gleichen Bedingungen wiederholt und erbrachte folgendes Ergebnis:

	o	a	b	c
1	6212	5056	3648	2304
2	3684	3840	3008	3628
3	5814	4644	4956	5248

Auch hier wieder die Abnahme der Keime in reinem Wasser, ähnlich wie beim vorhergehenden Versuch auf fast ⅓ des Anfangswertes, während in den Flaschen, die Huminsäure enthält, dieses Verhalten nicht festzustellen ist.

In einem weiteren Versuch wurde nun statt des Leitungswassers Flußwasser mit einem p_H Wert von 7,96 benutzt, welches durch 10 Minuten langes Kochen von seinen Eigenkeimen befreit wurde (Zur Kontrolle wurde 1 ccm dieses entkeimten Wassers mit Agar Agar in Petri-Schalen gegossen; nach 24stündiger Bebrütung erwies sich die Platte als steril). Hierzu wurden dann in einer Flasche, die fortlaufend mit Nr. 4 nummeriert werden soll, Colikeime zugesetzt, während in einer Flasche 5 noch 10 ccm Huminsäure zum sterilisierten Flußwasser gegeben wurde. Der Versuch wurde dann nach dem anfangs geschilderten Verfahren ausgeführt und zeigt folgendes Ergebnis:

	o	a	b	c
4	4224	3328	5888	4575
5	3264	4672	4084	3396

4 = 2 Liter steriles Flußwasser + Colikeime
5 = 2 „ „ „ + „ + 10 ccm Humins.

Zum Unterschied gegenüber dem im ersten Versuch benutzten Leitungswasser zeigt sich hier beim Flußwasser in der Versuchsflasche 4 keine Abnahme der Keime innerhalb der 34stündigen Beobachtung, im Gegenteil, bei der 3. Entnahme sogar eine Zunahme derselben. Anfangs- und Endwert dieser Versuchsreihe sind fast gleich. Diese Tatsache ist zweifellos eine Folge des weichen und durch den Gehalt an organischen Stoffen reichen Flußwassers, das für die Lebensbedingungen der Colibazillen günstig ist. Wahrscheinlich sind außerdem durch das Kochen noch gewisse Nährstoffe günstig aufgeschlossen worden, sodaß wir also hier einen grundlegenden Unterschied gegenüber dem reinen Wasser haben.

Zu der Flasche 5, die außer dem Flußwasser noch 10 ccm Huminsäure enthält, ist zu sagen, daß man auch hier analog den Flaschen, die Leitungswasser und Huminsäure enthielten, eine gewisse Konstanz in den Keimzahlen findet und ein Unterschied zwischen Flußwasser ohne und Flußwasser mit Huminsäure kaum besteht. Kleine Schwankungen innerhalb des Versuches müssen wohl in den Bereich der Fehlerquellen verwiesen werden.

Der nächste Versuch wurde in der Weise gegenüber den früheren abgeändert, als hier nochmals nebeneinander Fluß- und Leitungswasser mit etwas erhöhtem Huminsäuregehalt nebst Kontrollen angesetzt wurden. Das Flußwasser war diesmal nicht gekocht worden, sondern wurde durch sterile Berkefeld-Filterkerzen mittels Wasserstrahlpumpe durchgeleitet und so keimfrei gemacht. Die Auszählung nach 24stündigem Verbleib im Brutschrank ergab folgende Zahlen:

	o	a	b	c
6	12220	5184	5448	3520
7	8256	7998	10764	6556
8	9728	5392	5424	3606
9	7104	6508	5136	5012

Entnahme wie vorher

o = sofort
a = nach 5 Stunden
b = nach 8 Stunden
c = nach 24 Stunden

6 = Leitungswasser + Keime
7 = „ + „ + 15 ccm Huminsäure
8 = Flußwasser + „
9 = „ + „ + 15 ccm „

Auf den ersten Blick fällt wieder die Abnahme der Keime im gewöhnlichen Wasser auf (Flasche 6), sie sinkt wieder wie bei den ersten beiden Versuchen Nr. 1 auf ungefähr ¼ des Ausgangswertes. Ferner nimmt auch die Anzahl der Keime im Flußwasser in fast dem gleichen Verhältnis ab; es besteht also ein Unterschied zwischen dem im zweiten Versuch gekochten und dem hier verwandten durch Filter sterilisierten Wasser. Zweifellos wird durch das Filtrieren mittels Tonkerzen ein Wasser

geschaffen, das dem gewöhnlichen, d. h. Leitungswasser mehr ähnelt als dem durch Kochen sterilisierten. Höchst wahrscheinlich liegt die Tatsache, daß die Colikeime diesmal im Flußwasser auch an Zahl abgenommen haben, daran, daß 1. für das Gedeihen der Bazillen nützliche Stoffe durch das Filter zurückgehalten wurden, 2. aber der Aufschluß von irgend welchen Nährstoffen durch Kochen, wie im vorigen Versuch, in Fortfall gekommen ist.

In den Flaschen mit Huminsäure (7 und 9) sehen wir wieder ein deutliches Abweichen gegenüber dem Verhalten der Keime im Leitungswasser und in diesem Falle auch im Flußwasser. Denn die Colibazillen nehmen nicht in dem Maße ab, wie in den Flaschen 6 und 8, die keine Huminsäure enthalten.

Während die bisherigen Versuche mit dem durch Alkali in Lösung gebrachten Präparat (Acidum huminicum) gemacht worden waren, wurde in einem weiteren Versuche, wie oben schon erwähnt, nunmehr auch der nur wasserlösliche Anteil den Wasserproben zugesetzt. (s. o.)

	o	a	b	c
10	5984	4712	4244	3148
11	7440	5846	8736	8824
12	6144	5288	8932	7856
13	7048	8384	6424	8040

Die Versuchsflaschen wurden wie folgt beschickt:

10 = Leitungswasser + Keime
11 = „ + „ + 30 ccm Huminsäure (in NaOH löslich)
12 = „ + „ + 5 ccm „ (in H_2O löslich)
13 = „ + „ + 15 ccm „ „ „ „

Es erwies sich darnach als gleichgültig, welche der Huminsäuren man verwendet, denn beide zeigen denselben Einfluß auf die hineingebrachten Colibazillen, d. h. die Keimzahlen wurden wie in den vorigen Versuchen nicht gemindert, sondern hatten im Laufe der Zeit eher die Tendenz zur Vermehrung.

Weiterhin wurde dann versucht, durch stärkere Erhöhung der Huminsäurekonzentration eine Aenderung der Verhältnisse zu erzielen.

	o	a	b	c
14	11288	9960	8340	7616
15	8890	7920	9216	10624
16	8528	10120	8080	7720

14 = Leitungswasser + Keime
15 = „ + „ + 50 ccm Huminsäure in H_2O löslich
16 = „ + „ + 50 ccm „ „ NaOH „
o, a, b, c = Entnahme nach 0, 5, 8, 24 Stunden.

Aber auch hier ergab sich, wie die Tabelle zeigt, wieder die jetzt schon geläufige Tatsache: Keine oder nur ganz geringe Abnahme in Wasser mit Huminsäure im Gegensatz zu reinem Wasser.

Da die Colibazillen gegenüber vielen Einflüssen sehr viel resistenter sind als andere pathogene Keime, so erübrigt es sich nicht, die Versuche nunmehr auch mit den wesentlich empfindlicheren Ruhr- und Typhuskeimen in gleicher Versuchsanordnung durchzuführen. Die nächste Tabelle zeigt das Ergebnis eines Versuches mit Pseudo-Ruhrbazillen:

	o	a	b	c
17	16336	11844	13796	13200
18	15842	10688	15340	15072
19	17000	14500	11896	15568
20	16809	18824	19160	14350
21	17840	18056	14540	15040
22	17890	13264	10052	14400

17 = Leitungswasser + Keime
18 = „ + „ + 25 ccm Huminsäure (löslich in H_2O)
19 = „ + „ + 50 „ „ „ „
20 = „ + „ + 10 „ „ (löslich in NaOH)
21 = „ + „ + 25 „ „ „ „
22 = „ + „ + 50 „ „ „ „
Nach 0, 5, 8, 24 Stunden Entnahme.

Auch die Pseudo-Ruhrbazillen zeigen also das gleiche Verhalten wie die Colibazillen und zwar: Abnahme in reinem Wasser, weniger starke Abnahme oder gleichbleibende Werte in huminsaurem Wasser. Bei den Flaschen 19 und 22, die beide je 50 ccm Huminsäure enthalten (in einem Fall die wasserlösliche, im anderen die in Natronlauge lösliche Form) zeigt sich wieder das schon anfangs beschriebene Phänomen, nämlich die vorübergehende Abnahme der Keimzahl während der 24 Beobachtungsstunden mit Wiederanstieg am Schlusse des Versuches. Sonst zeigt dieser Versuch nichts wesentlich Neues gegenüber dem vorhergehenden, bringt aber eine Bestätigung des dort gefundenen Resultates.

Ein letzter Versuch mit Typhusbazillen wurde in der Weise modifiziert, daß anstelle des Präparates Acidum huminicum nunmehr Torfauszüge benutzt wurden.

	o	a	b	c
29	8469	4848	1127	steril
30	4688	4752	4072	1560
31	2880	1062	2060	792

29 = Leitungswasser + Keime
30 = „ + „ + 40 gr Torf (bei 37° im Brutschrank)
31 = „ + „ + 40 „ „ (+ 10 ccm n/10 NaOH)

Die Herstellung ist oben schon geschildert. Das Torfwasser hatte ungefähr eine Farbe wie das Wasser mit 20 ccm wasserlöslicher Huminsäure. Die Typhusbazillen sind, obwohl in großer Menge ins reine Wasser gebracht, nach 24 Stunden restlos darin zugrunde gegangen, und die gegossene Platte erwies sich als steril. Anders im Torfwasser! Auch hier wieder in Analogie zur künstlich hergestellten Huminsäure zweifellos eine Konservierung der Keime.

Ueberblickt man das bisher bei allen Versuchen Beobachtete, so kann man feststellen, daß alle benutzten Bakterien in den Huminsäuren nicht die Abnahme bezw. Vernichtung erfahren haben wie in den reinen Kontrollwässern. Es war zu Anfang gefragt, wie sich die Bakterien in den verschiedenen Wässern verhielten. Während bei reinem Wasser die bekannte Erscheinung des allmählichen Zugrundegehens der hineingelangten Keime immer wieder bestätigt werden konnte, wurde in allen Versuchen eine konservierende Wirkung der Huminsäuren auf die Keime sicher erwiesen. Damit wäre die zu Beginn gestellte Frage in eindeutiger Weise gelöst.

Kurz soll noch auf eine Tatsache, nämlich das anfängliche Abnehmen und spätere Wiederzunehmen der Keime in huminsauren Wässern eingegangen werden. Man kann sich diesen wellenförmigen Verlauf der Zahlenwerte so erklären, daß auf eine anfängliche durch die Huminsäure bedingte Wachstumshemmung eine Gewöhnung und vielleicht sogar eine günstige Entwicklungsbedingung folgt, die sich dann in den 24 Stundenwerten in einer wieder erhöhten Keimzahl äußert.

Betrachten wir nach den bisher vorliegenden Ergebnissen die praktische Bedeutung der Tatsache der Keimkonservierung in huminsauren Wässern, so leuchtet ein, daß hieraus bei dem öfteren Vorkommen von Humusstoffen in Brunnenwässern ernste Folgen entstehen können. Es kann möglich sein, daß sich beispielsweise bei einer Typhusepidemie in diesen Ge-

bieten die Infektionsquelle lange erhält, weil die ins dortige Wasser gelangten Typhusbazillen längere Zeit konserviert werden. So kann die an sich belanglose Anwesenheit von Huminsäuren im Gebrauchswasser bei Keimverschmutzungen zu einer Gefahrenquelle werden und es ist natürlich, daß man bestrebt sein wird, diese Gefahr auszuschalten, was praktisch auf eine Entfernung von Huminsäuren bei den in Frage stehenden Wässern hinausliefe. Es sind aus diesem Grunde auch in der Hinsicht einige Versuche gemacht worden, die Anhaltspunkte geben sollen für eine billige und leicht auszuführende Entkeimung des mit Huminsäure durchsetzten Wassers. Es ist bis jetzt nicht möglich gewesen, die Huminsäure einfach im Wasser zu zerstören und dadurch zu entfernen. Es sind nun Versuche angestellt worden und im folgenden beschrieben, die sich 1. mit der Desinfektion huminsauren Wassers und 2. mit der Entfernung bezw. Verringerung des Huminsäuregehaltes im Trinkwasser befassen.

Es wurde die Wirkung von Chlor in Gestalt des Chlorwassers und des Chlorkalks und die der Kohle untersucht. Die Versuchsanordnung war kurz folgende:

Wie bisher wurde reines und huminsaures Wasser in braunen 2 Literflaschen mit Bazillen, und zwar diesmal nur mit dem Bakterium Coli, versetzt, und nach verschieden langer Einwirkung der Desinfizienzien Proben entnommen, zu Agarplatten gegossen und ausgezählt.

Das als erstes benutzte Chlorwasser wurde durch Titration mit einer Jodlösung auf seinen Chlorgehalt untersucht und so viel zugesetzt, daß eine Menge von 2 mg Chlor im Liter Wasser, d. h. 4 mg in den benutzten braunen Versuchsflaschen vorhanden war. Tabelle und Schema des Versuchs sahen wie folgt aus:

	x	o	a	b	c
32	5024	1008	steril	steril	steril
33	4560	1109	112	steril	steril
34	4420	2400	1866	1616	832
35	4608	2560	1906	1922	876
36	4800	1492	848	548	76
37	4160	1792	2560	1324	304

32 = Leitungsw + Keime + 4 mg Chlor (in Gestalt des Chlorwassers)
33 = „ + „ + 4 mg „ („ „ „ „ + 10 ccm Humins. lösl. in NaOH
34 = „ + „ + 4 mg „ + 20 ccm „ „ „ „

35 = Leitungsw. + Keime + 4 mg Chlor + 30 ccm Humins. lösl. in NaOH
36 = „ + „ + 4 mg „ + 20 ccm „ „ „ „
37 = „ + „ + 4 mg „ + 30 ccm „ „ „ „

x = vor Zusatz des Chlorwassers,
o = sogleich nach Zusatz des Chlorwassers,
a = 5 Minuten nach Zusatz des Chlorwassers,
b = 10 Minuten nach Zusatz des Chlorwassers,
c = ½ Stunde nach Zusatz des Chlorwassers.

In diesem Versuch wird neben der schon bekannten konservierenden Wirkung der Huminsäure ein anderer Einfluß deutlich, nämlich der, das eingeführte Chlor zu binden und dadurch in seiner Wirksamkeit zu hindern, was im Versuch auch dadurch zum Ausdruck kommt, daß im reinen Wasser das Chlor schon nach 5 Minuten alle vorhandenen Keime abgetötet hat, während im huminsauren Wasser in 4 Fällen selbst noch nach einer halben Stunde genügend Keime vorhanden sind. Während in den früheren Versuchen die konservierende Wirkung der Huminsäure von ihrer Konzentration im Wasser ziemlich unabhängig war, zeigt der letzte Versuch, daß mit steigendem Huminstoffgehalt die Wirkung des Chlors immer weiter abnimmt.

In einem weiteren Versuch wurde Chlorwasser teils mit reinem Wasser, teils mit Torfwasser und der üblichen Menge Keime zusammengebracht. Das Torfwasser wurde wieder nach dem oben angegebenen Rezept hergestellt, nur daß es jetzt mit 20 ccm n/5 NaOH-Lösung versetzt wurde.

	x	o	a	b	c	d
38	1420	1208	1184	976	704	896
39	1308	67	steril	steril	steril	steril
40	1524	1172	1196	1104	1100	1008
41	1616	982	48	9	steril	steril

x = vor Zusatz des Chlorwassers,
o = sofort nach Zusatz des Chlorwassers,
a = 5 Minuten nach Zusatz des Chlorwassers,
b = 10 Minuten nach Zusatz des Chlorwassers,
c = ½ Stunde nach Zusatz des Chlorwassers,
d = 2 Stunden nach Zusatz des Chlorwassers.

38 = Leitungswasser + Keime,
39 = Leitungswasser + Keime + 4 mg Chlor,
40 = Torfwasser + Keime,
41 = Torfwasser + Keime + 4 mg Chlor.

Aus dieser Tabelle ist zu ersehen:

1. Abnahme der Keime in reinem Wasser,
2. schnelle Vernichtung der Keime durch Chlor in reinem Wasser, sodaß es nach 5 Minuten keimfrei ist,
3. konservierende Wirkung der im Torfwasser enthaltenen Huminsäuren,
4. absorbierende Wirkung der Huminsäuren gegenüber dem Chlor, dadurch Herabsetzung der Chlorwirkung und Keimfreiheit erst nach $^1/_2$ Stunde.

Man hat also in dem Chlorwasser ein gutes Mittel, um trotz der Anwesenheit von Huminsäuren Keime im Wasser schnell zu vernichten, vorausgesetzt, daß das Chlor genügend lange Zeit einwirken kann, jedenfalls sehr viel längere Zeit, bezw. in stärkerer Konzentration, als bei reinem Wasser. Auf die Huminsäure selbst hat das Chlor keine ausfällende Wirkung.

Um auf die Keime und die Huminsäure im Wasser gleichzeitig wirken zu können, ist im folgenden Versuch die absorbierende Wirkung der Kohle geprüft worden. Es ist natürlich jede Kohle für diesen Zweck brauchbar. Hier wurde die Wirkung einer besonders bei Wasserversuchen viel benutzten Kohle, der sogenannten H y d r a f f i n - Kohle untersucht.

Nachdem die Flaschen mit Wasser, Keimen und Huminsäure gefüllt waren, wurden die üblichen Proben entnommen und mit Agar Agar zu Platten gegossen. Gleichzeitig wurde das reine und das huminsaure Wasser mit dem Stufenphotometer auf seine verschiedene Lichtdurchlässigkeit geprüft. Dann wurde die Kohle zugesetzt und wirkte 1 Stunde lang, nachdem die Flaschen kräftig geschüttelt worden waren. Nach dieser Zeit wurde der Inhalt der Flaschen erstens auf die Keimzahl und zweitens auf die durch die Kohle bewirkte Klärung untersucht, nachdem vorher das Wasser durch ein Papier-Filter wieder von der Kohle befreit worden war.

Schema und Ergebnis des Versuches:

	a	b
42	6608	6328
43	6192	5076
44	7643	5894
45	6443	2437
46	4664	3776
47	5532	2608
48	5448	2720

42 = Leitungswasser + Keime
43 = „ + Keime + 20 ccm Huminsäure, lösl. in H_2O + 4 mg Kohle
44 = „ + „ + 20 ccm „ „ „ „ + 8 mg „
45 = „ + „ + 20 ccm „ „ „ „ + 20 mg „
46 = „ + „ + 20 ccm „ „ „ NaOH + 4 mg „
47 = „ + „ + 20 ccm „ „ „ „ + 8 mg „
48 = „ + „ + 20 ccm „ „ „ „ + 20 mg „

a = vor Kohlezusatz,
b = 1 Stunde nach Kohlezusatz.

Die absorbierende Wirkung der Kohle auf die Keime steht und fällt natürlich mit der zugesetzten Menge und ist demnach in Flasche 45 und 48 größer als in den anderen; die Keimzahl ist hier auf die Hälfte des Anfangswertes gefallen. In den kleineren Dosen ist die Kohlewirkung nur gering. Bei der Prüfung auf Klarheit des Wassers vor und nach Kohlezusatz wurde das gewöhnliche Leitungswasser zu 50 festgesetzt; je unklarer also ein Wasser, desto höher der Wert über 50. Andrerseits mußte sich, wenn durch die Kohle eine Klärung des huminsauren Wassers erfolgt war, der in die Höhe gestiegene Wert wieder der Zahl 50 nähern.

Leitungsw.	20 cm Humins. lösl. in NaOH in 2 Liter W.	20 ccm Humins. lösl. in H_2O in 2 Liter Wasser
50	90	78
+ 4 mg Kohle 50	76	69
+ 8 mg „ 50	74	58
+20 mg „ 50	68	56

Es ist demnach durch die Hydraffinkohle außer der Absorption der Keime eine Klärung des Wassers erfolgt, die z. B. bei der wasserlöslichen Huminsäure + 20 mg Kohle ziemlich stark ist. Man muß sich jetzt fragen, ob die Kohlezufuhr in diesem Mengenverhältnis praktisch durchführbar ist. So sei kurz der Kohlezusatz für größere Wassermengen berechnet:

2 Liter Wasser 4 mg Kohle
100 Liter Wasser 200 mg Kohle
1 cbm Wasser 2 gr Kohle
1000 cbm Wasser 1 kg Kohle

Das sind Mengen, die auch im großen durchaus rentabel sind.

Im nächsten Versuch wurde nun die Wirkung des Chlors und die der Kohle zusammen untersucht und zwar sowohl bezüglich der Keime als auch der Klärung. Statt des Chlorwassers

wurde diesmal Chlorkalk verwandt, was noch eine weitere, für praktische Zwecke wichtige Vereinfachung der Methode bedeutet. Zu 100 ccm Leitungswasser wurde 1 gr gewöhnlicher Chlorkalk zugegeben und nach Auflösung titriert, um den Gehalt an aktivem Chlor festzustellen. Danach ergab 10 ccm Lösung 4 mg Chlor. Es wurde dann wieder so viel zugesetzt, daß in jede 2 Literflasche 4 mg Chlor kam. Dazu wurde in einem Fall noch 8 mg Kohle zugegeben. Von den einzelnen Flaschen wurden vor und nach dem Chlor- bezw. Kohlezusatz Keimzählungen vorgenommen und von dem Huminsäure-Chlorgemisch vor und nach dem Kohlezusatz die Klärung stufenphotometrisch untersucht.

Das Ergebnis zeigen die folgenden Tabellen:

	o	a	b	c	d	e
49	8736	8040	8192	6978	5370	5140
50	11964	12094	11712	10930	10672	10424
51	6486	1716	76	steril	steril	steril
52	10864	2492	208	steril	steril	steril

49 = Leitungswasser + Keime
50 = „ + Keime + 20 ccm Huminsäure (lösl. in H_2O)
51 = „ + „ + 20 ccm „ (lösl. in H_2O) + 4 mg Chlor
52 = „ + „ + 20 ccm „ (lösl. in H_2O) + 4 mg „ + 8 mg Kohle

o = vor Chlorzusatz,
a = 5 Minuten nach Chlorzusatz,
b = 1/4 Stunde nach Chlorzusatz,
c = 1/2 Stunde nach Chlorzusatz,
d = 2 Stunden nach Chlorzusatz,
e = 2 Stunden nach Chlorzusatz + 1/2 Std. später 8 mg Chlor.

Die Klärung durch Kohle (bei Leitungswasser = 50) ergab:

Wasser	20 ccm Huminsäure + 10 ccm Chlorkalk	20 ccm Huminsäure + 10 ccm Chlorkalk + 8 mg Kohle
50	82	64

Wenn auch eine 100prozentige Klärung des Wassers durch die verwendeten Kohlemengen nicht erreicht worden ist, so hat man doch in dem kombinierten Chlorkalk-Kohleverfahren

ein gutes Mittel, um etwaige keimverschmutzte Torf- oder Moorwässer zu sterilisieren und gleichzeitig wenigstens zum Teil ihrer gelben Farbe zu berauben.

Zusammenfassung.

Es wurde das Verhalten von verschiedenen Bakterien in huminsaurem Wasser untersucht. Dabei stellte sich heraus, daß die Huminsäure eine konservierende Wirkung auf die Keime ausübt, ganz im Gegensatz zu reinem Wasser. Schon bei kleinen Mengen von Huminsäure ist dieser Einfluß deutlich zu erkennen. Ferner wurden verschiedene Desinfektionsmittel mit den huminsauren Wässern zusammengebracht und dabei festgestellt, daß die Wirksamkeit des Chlors in Gestalt von Chlorwasser oder Chlorkalk durch die Huminsäuren gehemmt wird, indem durch eine Chlorbindung die Keimvernichtung viel später erfolgt als in reinem Wasser. Schließlich wurde gezeigt, daß durch Kohlezusatz eine gewisse Klärung des huminsauren Wassers möglich ist. Vor allem hat man durch das kombinierte Chlorkalk-Kohleverfahren, wobei gleichzeitig Keimabtötung und Klärung des Wassers erreicht wird, ein brauchbares Verfahren zur Verbesserung keimhaltiger, huminsaurer Wässer.

Lebenslauf.

Am 6. April 1908 wurde ich in Schwelm in Westfalen als Sohn des Lyzeallehrers Wilhelm Wever geboren. Ich bin arischer Abstammung und evangelischer Konfession. Nach der üblichen Volksschulbildung besuchte ich bis zur Reifeprüfung im Jahre 1927 das Realgymnasium meiner Vaterstadt. Dann studierte ich Medizin in Bonn, wo ich nach 5 Semestern das ärztliche Vorexamen bestand. Weiter studierte ich an den Universitäten in München, Wien, Köln und Münster. In Münster bestand ich im Juli 1933 die ärztliche Staatsprüfung. Das Praktische Jahr erledigte ich am Städt. Krankenhaus in Schwelm in Westfalen. Nach meiner am 15. August 1934 erfolgten Approbation war ich als Vertreter von Landärzten im Thüringer Wald tätig.